




# TEMA 2. MORFOLOGÍA

- ☞ Introducción.
- ☞ Estructura mecánica.
- ☞ Estructura cinemática.
- ☞ Tipos de articulaciones.
- ☞ Configuraciones cinemáticas.
- ☞ Precisión de movimientos.



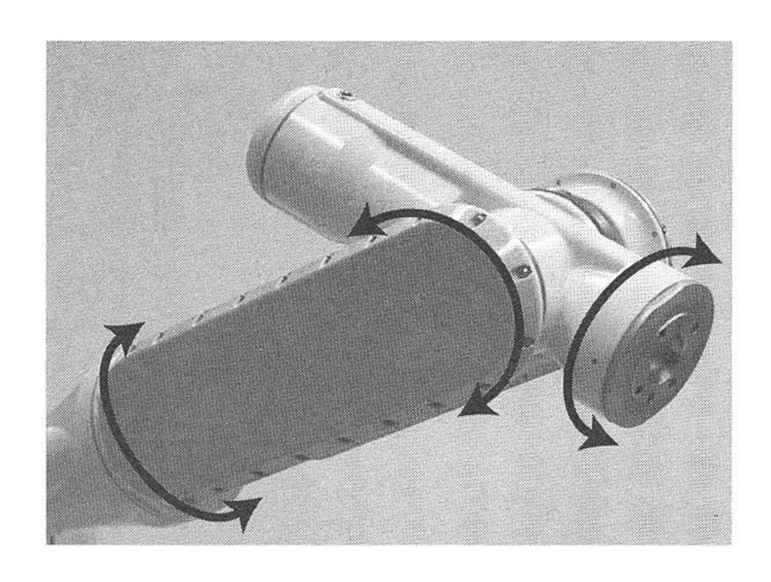


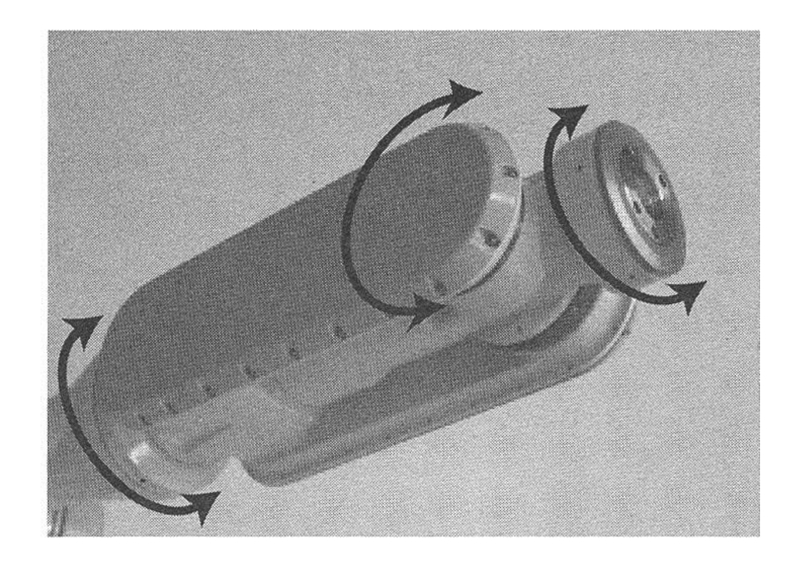

La configuración de la **estructura mecánica** de los robots industriales no busca una réplica humana sino funcional.

Los robots manipuladores son, esencialmente, brazos articulados.

| Brazo humano | Brazo robótico |
|---|---|
| Huesos | Eslabones |
| Músculos | Accionadores |
| Tendones | Transmisiones |
| Nervios | Cables de señal |

Ubicada en el extremo del robot, está la muñeca que permite **orientar** en el espacio de trabajo el elemento terminal (pinza, pistola de soldar, ventosas, herramientas, etc...)










# TEMA 2. MORFOLOGÍA

- ☞ Introducción.
- ☞ Estructura mecánica.
- ☞ Estructura cinemática.
- ☞ Tipos de articulaciones.
- ☞ Configuraciones cinemáticas.
- ☞ Precisión de movimientos.






MOTOR A
REDUCTOR COMPACTO
MOTOR C
ENGRANAJE PLANO (ROTACIÓN C)
EJES DE TRANSMISIÓN
CORREA
ENGRANAJE CÓNICO (ROTACIÓN A)
ARRIBA
MOTOR B
ESTRUCTURA PARALELA
REDUCTOR COMPACTO
ENGRANAJE CÓNICO (ROTACIÓN B)
ROTACIÓN B
DENTRO (ATRÁS)
ABAJO
FUERA (ADELANTE)
AMORTIGUADOR
ROTACIÓN C
ROTACIÓN A
ENGRANAJE GIRATORIO PLANO (ROTACIÓN A)
CAJA DE ENGRANAJES
MOTOR DENTRO / FUERA
MOTOR DE TRANSMISIÓN VERTICAL (SERVOMOTOR SIN ESCOBILLAS)
ROTACIÓN
ENGRANAJE PLANO DE MOVIMIENTO VERTICAL
ENGRANAJE GIRATORIO PLANO
MOTOR GIRATORIO
CODIFICADOR





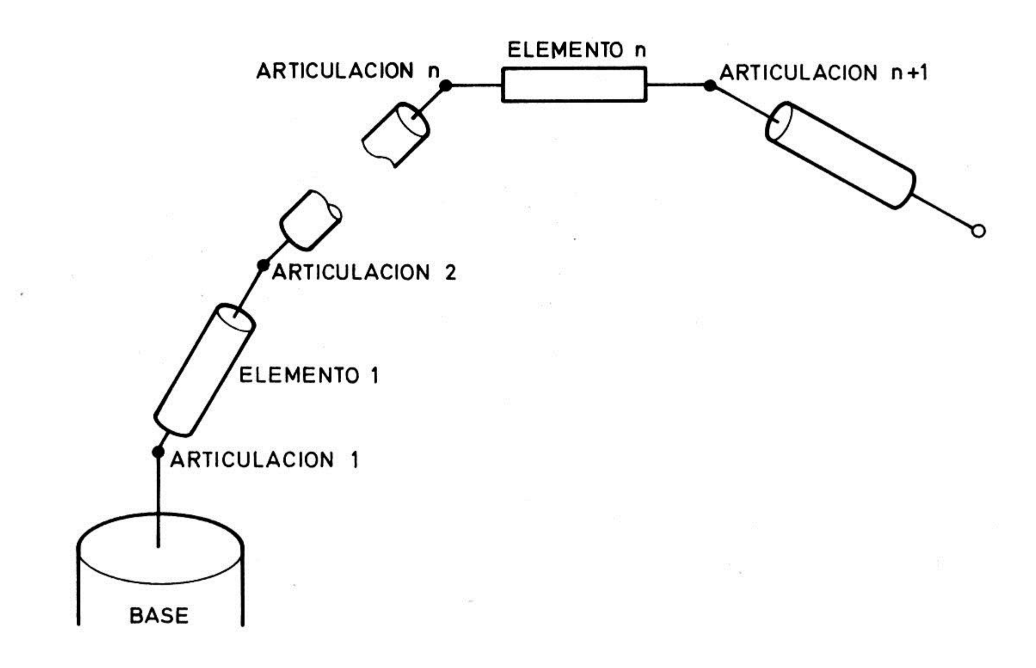

# TEMA 2. MORFOLOGÍA

- ☞ Introducción.
- ☞ Estructura mecánica.
- ☞ Estructura cinemática.
- ☞ Tipos de articulaciones.
- ☞ Configuraciones cinemáticas.
- ☞ Precisión de movimientos.

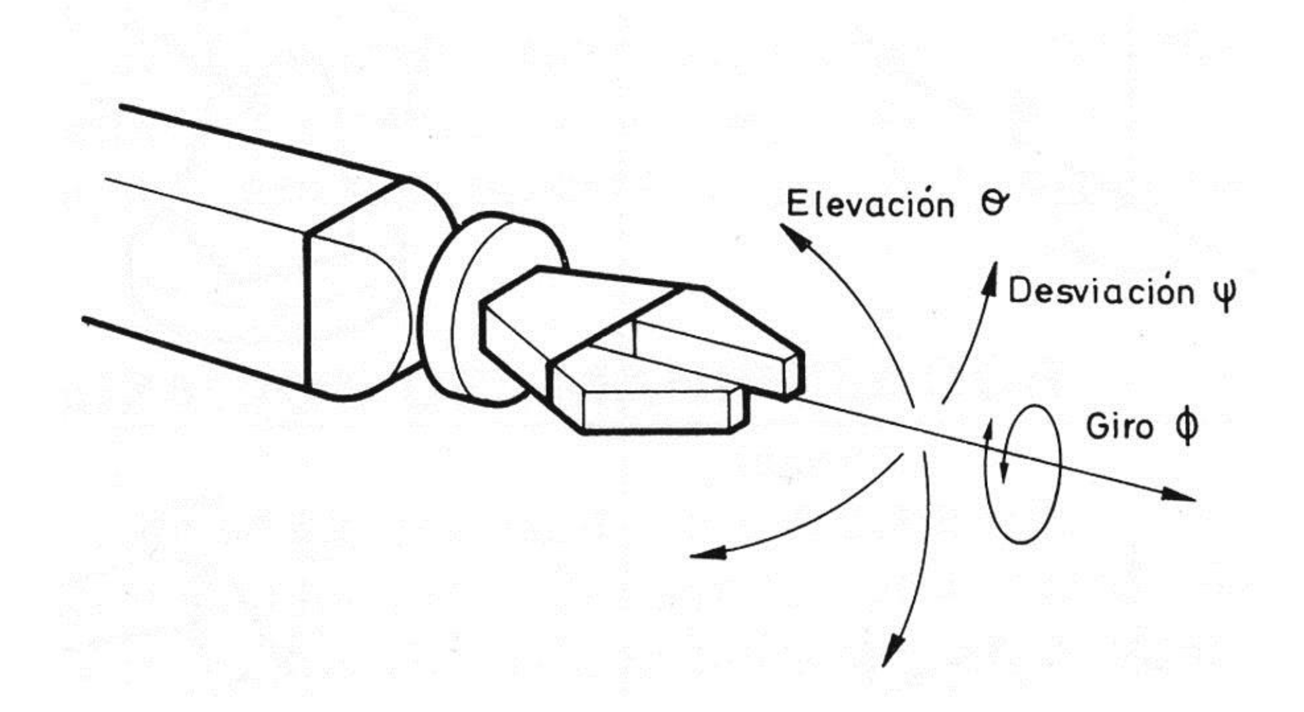





Un manipulador industrial convencional es una cadena cinemática abierta formada por un conjunto de eslabones o elementos de la cadena interrelacionados mediante articulaciones o pares cinemáticos.



Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar una articulación con respecto a la anterior se denomina **grado de libertad**








Desviación
Elevación
Giro

Desviación
Elevación
Giro






- Tamaño reducido
- Modelado matemático sencillo (p.ej. ejes que se corten)
- Potencia adecuada a la tarea a realizar
- Conexión del elemento terminal cercano a los ejes para maximizar la precisión






a)

b)

a) 3 grados de libertad más los de la muñeca.

b) Robot redundante, 4 grados de libertad para evitar obsáculos

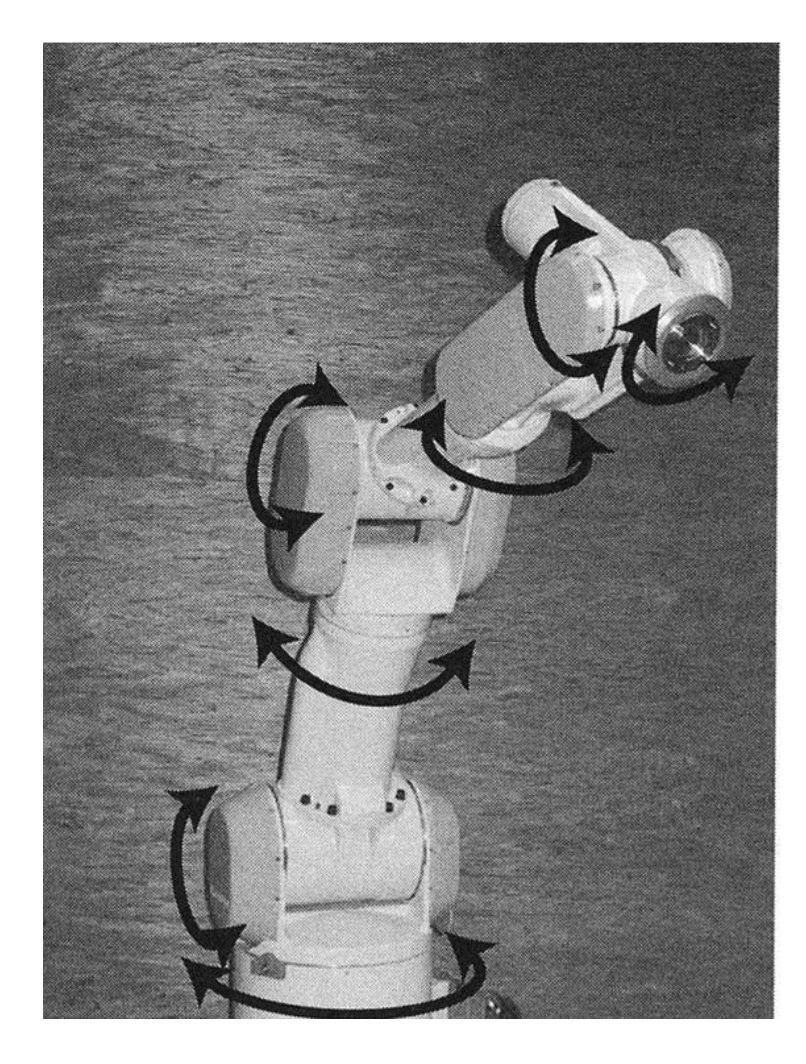





Robot redundante para aumentar su espacio de trabajo


ingeniería
isa
de sistemas y automática












# TEMA 2. MORFOLOGÍA

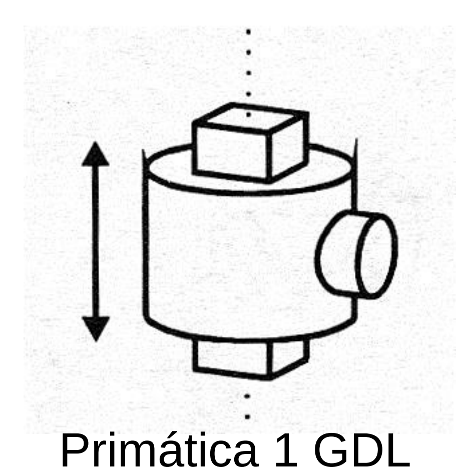
- ☞ Introducción.
- ☞ Estructura mecánica.
- ☞ Estructura cinemática.
- ☞ Tipos de articulaciones.
- ☞ Configuraciones cinemáticas.
- ☞ Precisión de movimientos.

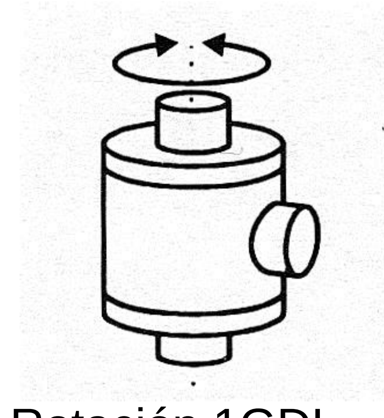


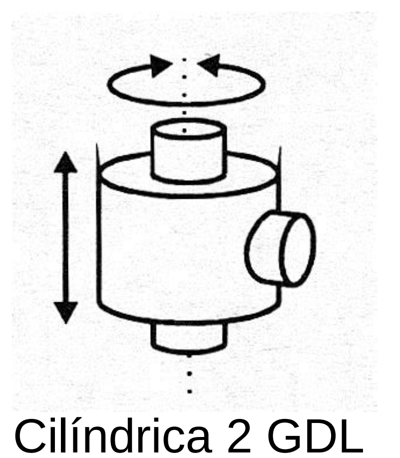


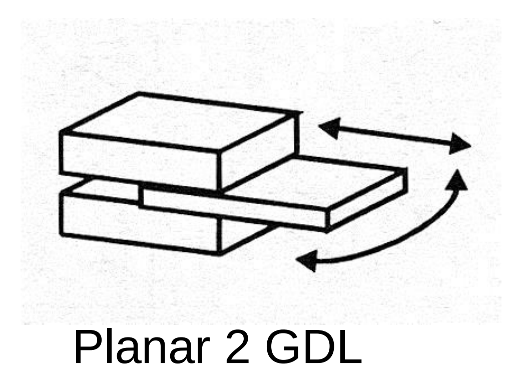

Las **uniones** son elementos rígidos que se emplean para la conexión de las diversas articulaciones del robot. En una cadena de unión-articulación-unión, se le denomina unión de entrada al eslabón que esta más cerca de la base del robot, a la otra unión por consiguiente se le llama unión de salida. La unión de salida es la que se desplaza con respecto a la unión de entrada.

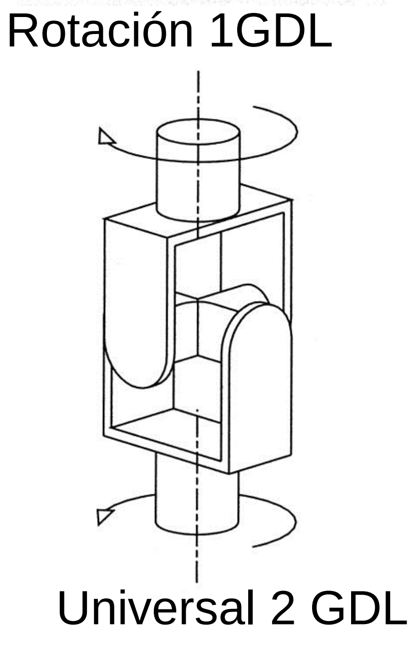
El movimiento de las uniones puede ser lineal o rotacional. Las **articulaciones lineales** implican un movimiento deslizante o de translación de las uniones de conexión, este movimiento puede ser generado por pistones o por medio de hacer deslizar el elemento sobre un carril o guía usando dispositivos mecánicos, eléctricos o neumáticos.

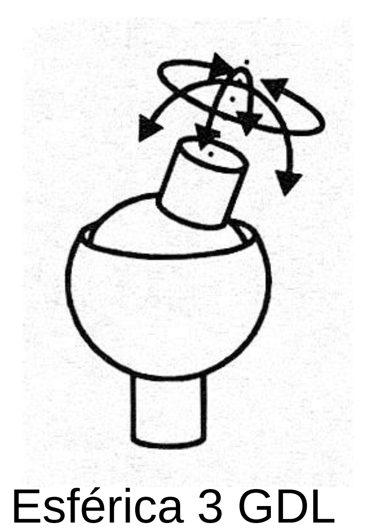

Primática 1 GDL


Rotación 1GDL


Cilíndrica 2 GDL


Planar 2 GDL


Universal 2 GDL

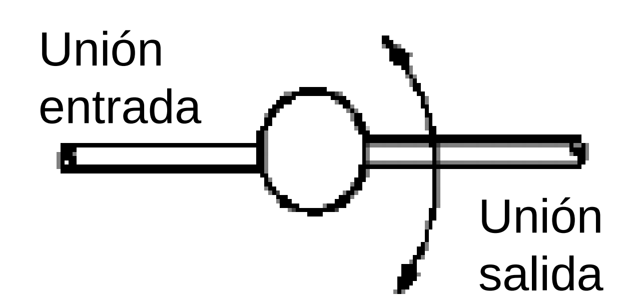

Esférica 3 GDL



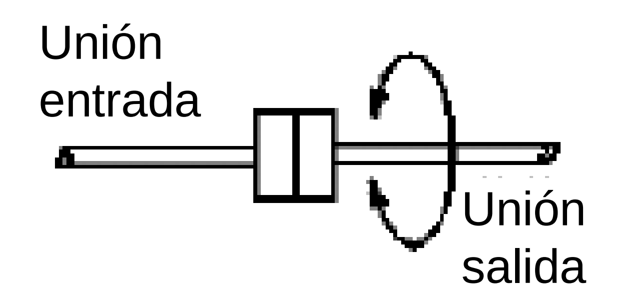



Se pueden distinguir tres tipos:

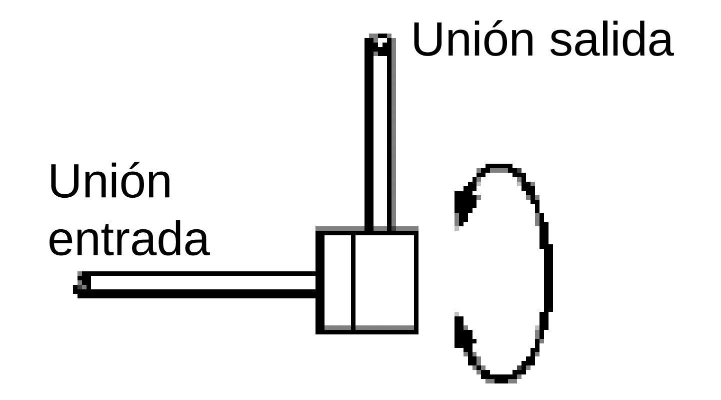
- **Articulación Rotacional,** el eje de rotación es perpendicular a los ejes de las dos uniones.




- **Articulación de Torsión**, la cual realiza un movimiento de torsión entre las uniones de entrada y salida, y el eje de torsión de esta articulación es paralelo al eje de las dos uniones.

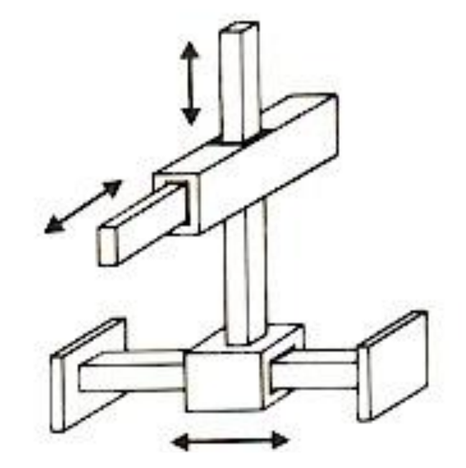



- **Articulación de Revolución**, en este tipo el eje de rotación es paralelo al eje de la unión de entrada y perpendicular al de la unión de salida, es decir la unión de salida gira alrededor de la de entrada.



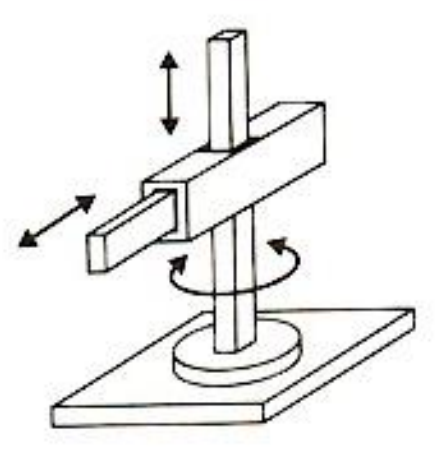
# TEMA 2. MORFOLOGÍA

- Introducción.
- Estructura mecánica.
- Estructura cinemática.
- Tipos de articulaciones.
- Configuraciones cinemáticas.
- Precisión de movimientos.

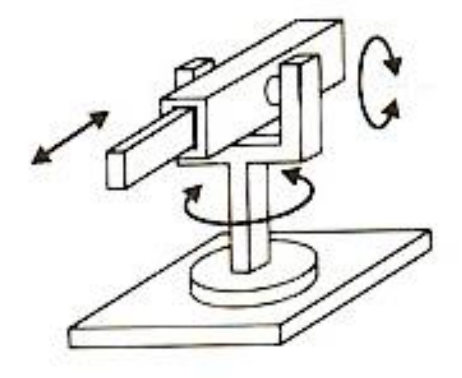




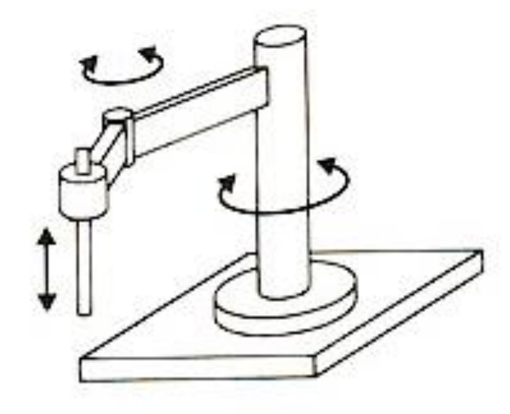
Robot cartesiano



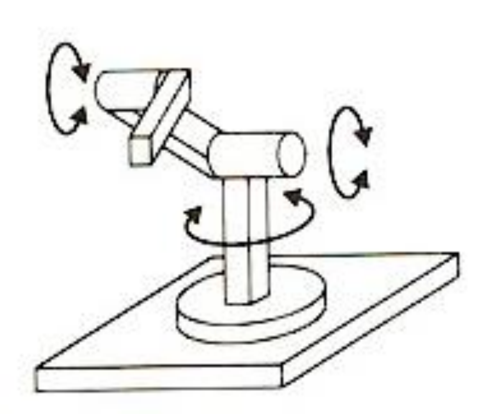
Robot cilíndrico



Robot esférico o polar



Robot SCARA



Robot angular o antropomórfico



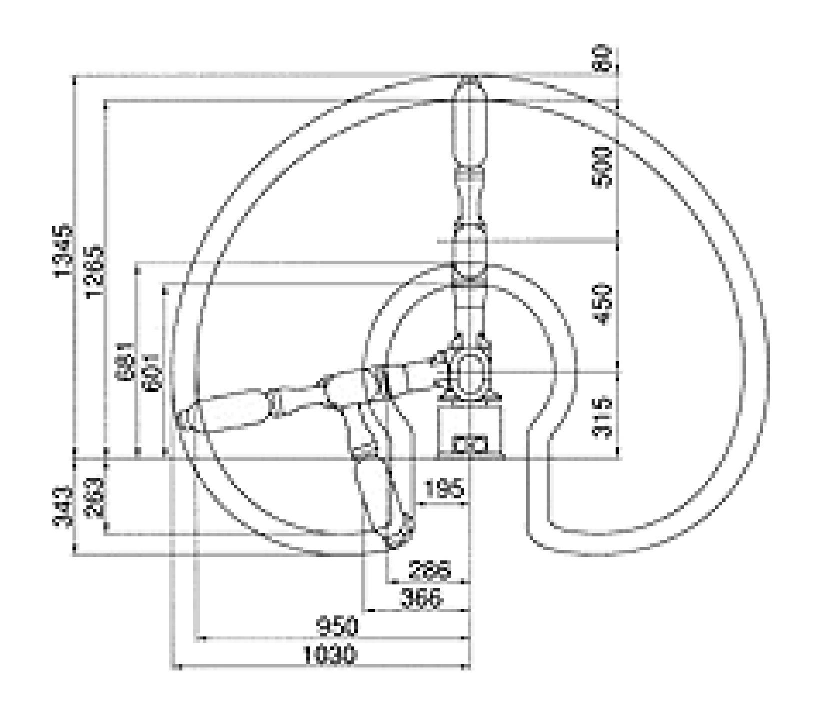


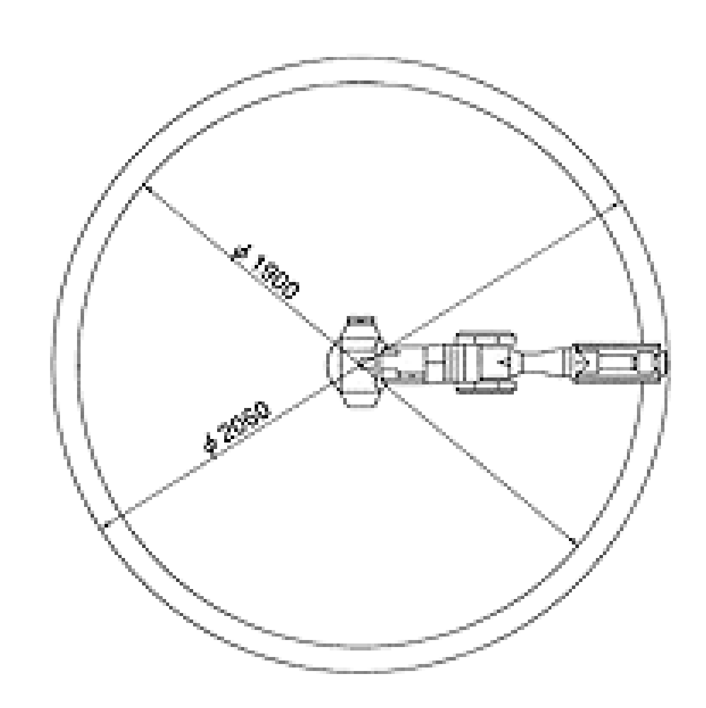

El espacio o volumen de trabajo, está formado por todas las posiciones del espacio potencialmente accesibles por el extremo de su muñeca.

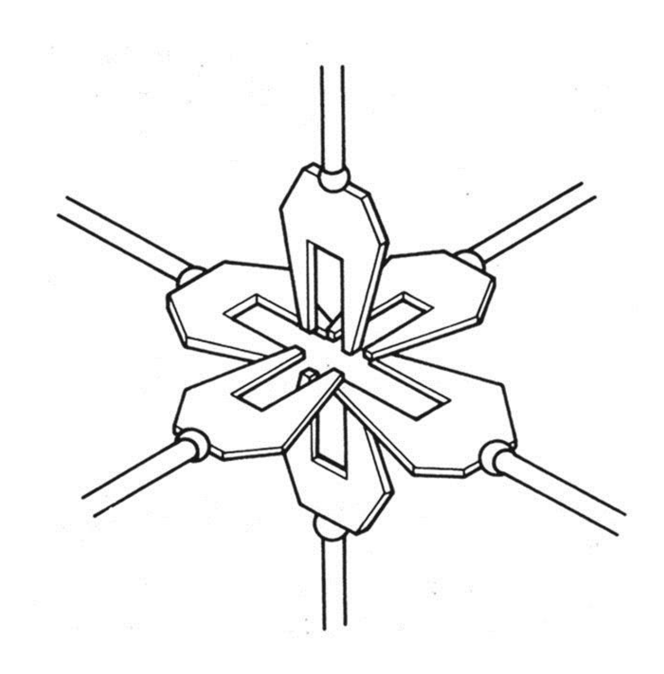
Kuka KR 30




# Espacio de trabajo PA 10

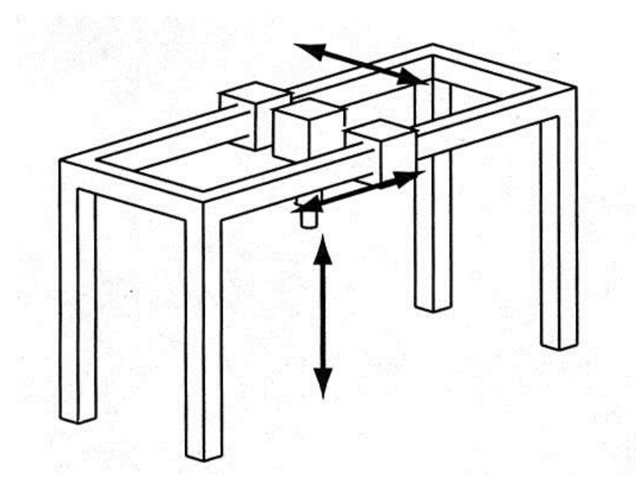


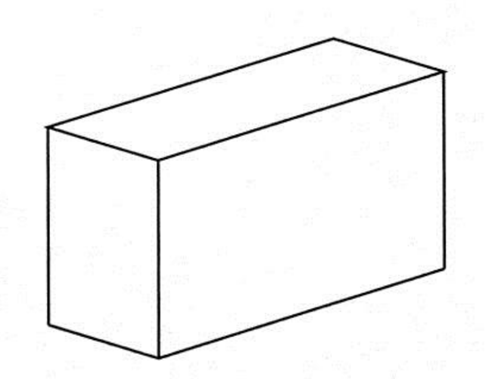











$V = L^3$

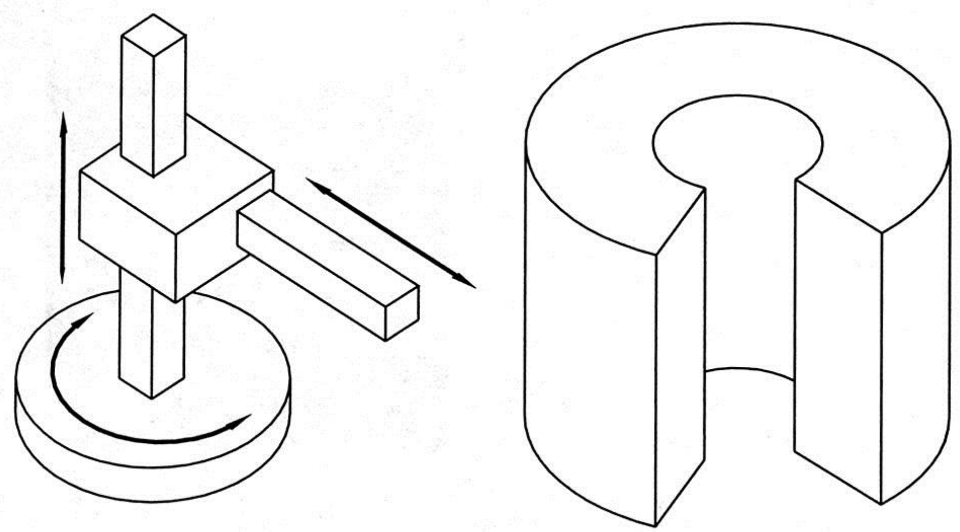
Buena precisión
Velocidad cte en todo el espacio de trabajo

**Robot cartesiano E2XM3**
Está formado por tres articulaciones de tipo prismático con ejes ortogonales entre sí.
El robot cartesiano y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares.
El robot cartesiano genera una figura cúbica .







$V = 3 ¶ L^3$

**Robot cilíndrico RT33**

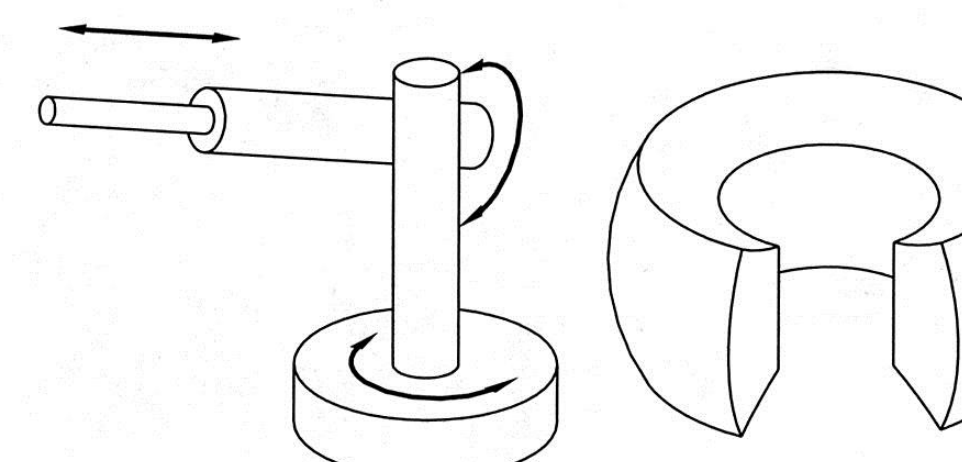
Una articulación rotacional y dos prismáticas. La primera con eje paralelo a la segunda.

El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente este robot no tiene una rotación de 360°)

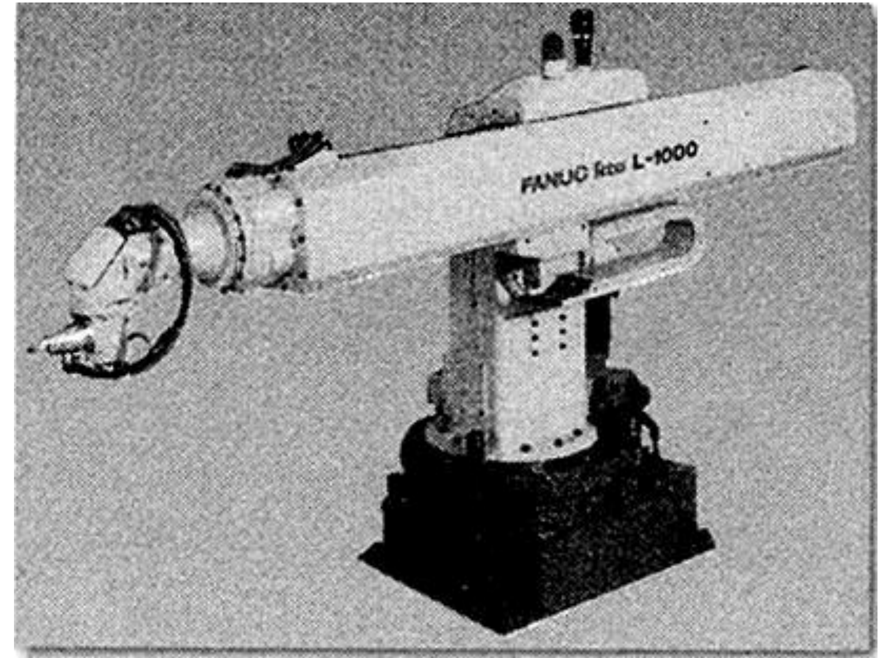






V = (28/3) ¶ $L^3$




**Robot esférico Fanuc L1000**
Dos articulaciones rotacionales ortogonales entre sí y una prismática con eje ortogonal a las dos primeras.
Los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.

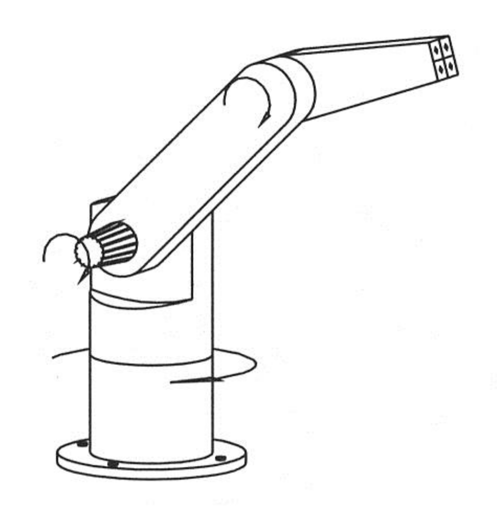
Robot SCARA, $V = 4 \P L^3$

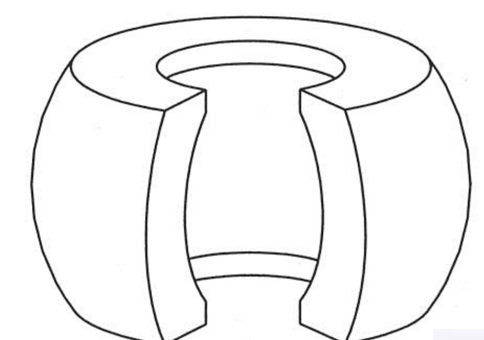
Alta precisión
Velocidad

Dos articulaciones rotacionales y una prismática con ejes paralelos.







$$V = (32/3)\ \P\ L^3$$

Facilidad para trayectorias complejas

Alta maniobrabilidad

Accesibilidad a zonas con obstáculos

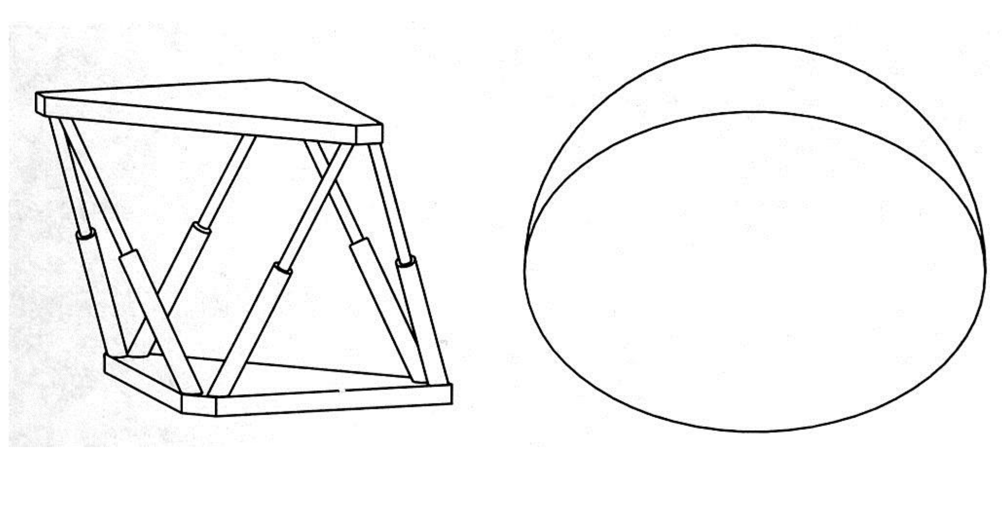
**Robot angular KR 500**
Tres articulaciones rotacionales.
Las dos últimas de ejes paralelos.








Robot paralelo IRB 340






6 GDL

La posición y orientación del efector final es controlada por medio del desplazamiento de seis articulaciones prismáticas conectadas a la base del robot por medio de una junta universal, y al efector final por medio de otra articulación esférica.

# TEMA 2. MORFOLOGÍA

- Introducción.
- Estructura mecánica.
- Estructura cinemática.
- Tipos de articulaciones.
- Configuraciones cinemáticas.
- Precisión de movimientos.

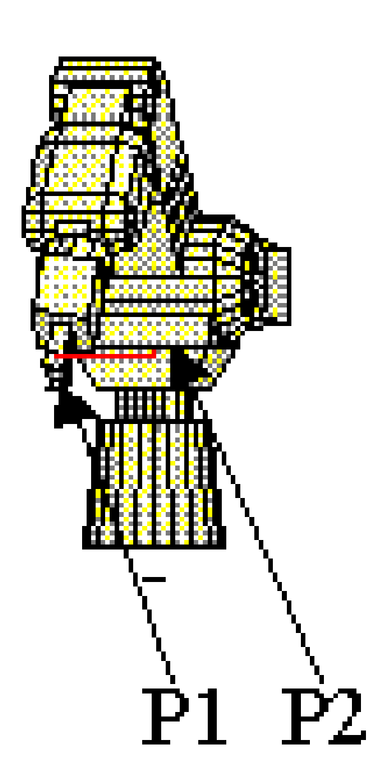





La precisión de movimientos en un robot industrial depende de tres factores: ***la resolución espacial, la exactitud y la repetibilidad.***

La **resolución espacial** se define como el incremento más pequeño de movimiento que puede ejecutar un robot.

La resolución espacial depende directamente del control del sistema y de las inexactitudes mecánicas del robot.



La resolución espacial **depende del control del sistema** porque éste, precisamente, es el medio para controlar todos los incrementos individuales de una articulación. Su valor está limitado por la **resolución de los captadores de posición y convertidores A/D y D/A**, por el **número de bits** con los que se realizan las operaciones aritméticas en la CPU y por **los elementos motrices**, si son discretos.

La resolución espacial también **depende de las inexactitudes mecánicas** que se encuentran estrechamente relacionadas con la calidad de los componentes que conforman las uniones y las articulaciones. Como ejemplos de inexactitudes mecánicas pueden citarse la **holgura de los engranes, las tensiones en las poleas, las fugas de fluidos**, etc.

Para explicar con mayor precisión el término resolución espacial tomemos el siguiente ejemplo: En el dibujo anterior supongamos que utilizando el teach pendant movemos al robot del P1 al P2, en este caso el P2 representa el menor incremento que se puede mover el robot a partir de P1. Si vemos estos incrementos en un plano se vería como una cuadrícula.
En donde en cada intersección de líneas se encuentra un punto "direccionable" es decir un punto que puede ser alcanzado por el robot. De esta forma la resolución espacial puede definirse también como la distancia entre dos puntos adyacentes (en la primer figura sería la distancia entre los puntos P1 y P2), es importante señalar que para un robot que tuviera este espacio de trabajo la distancia entre puntos esta muy exagerada para efectos de explicar el término.






La **exactitud** se refiere a la capacidad de un robot para situar el extremo de su muñeca en un punto señalado dentro del volumen de trabajo.

Pieza de trabajo

La exactitud mantiene una relación directa con la resolución espacial, es decir, con la capacidad del control del robot de dividir en incrementos muy pequeños el volumen de trabajo.

En el dibujo si quisiéramos mover el robot exactamente al punto donde se encuentra la pieza de trabajo, el robot solamente podría acercarse al objeto posicionándose en el punto direccionable más próximo. En otras palabras, no podría colocarse exactamente en la posición requerida.

Un robot presenta una **mayor exactitud** cuando su brazo opera **cerca de la base**. A medida que el brazo se aleja de la base, la exactitud se irá haciendo menor. Esto se debe a que las inexactitudes mecánicas se incrementan al ser extendido el brazo.

Otro factor que afecta a la exactitud es el **peso de la carga**, las cargas más pesadas reducen la exactitud (al incrementar las inexactitudes mecánicas). El peso de la carga también afecta la velocidad de los movimientos del brazo y la resistencia mecánica.

La **repetibilidad**, Radio de la esfera que abarca los puntos alcanzados por el robot tras suficientes movimientos, al ordenarle ir al mismo punto de destino programado, con condiciones de carga, temperatura, etc., iguales

Punto de regreso (PR)

Punto programado (PP)






En el dibujo anterior al robot se le enseñó el punto programado (**PP**), al indicarle mediante un comando de programación que regrese al punto **PP** el robot se puede colocar en el punto de regreso (**PR**) o en otro punto de regreso que tenga la misma distancia hacia **PP**.

En la figura, esta diferencia entre el punto **PP** y el **PR** está muy exagerada, ya que en un robot industrial se espera que la repetibilidad esté en el orden de +/- 0.005 mm.

No existe la repetición absolutamente exacta.